

# Évaluer l'impact sur l'environnement: l'approche multicritère. Gérer l'incertitude: les modèles flous.

J.J. Boreux\*

Keywords: Environment — Multicriteria analysis — Fuzzy models.

## Résumé

En novembre 1991 et en février 1992, la Fondation Universitaire Luxembourgeoise (FUL) a organisé huit ateliers d'aide à la gestion de l'environnement; sous la direction du Professeur L. Duckstein (Université du Nevada, USA). Les quatre premiers furent consacrés à l'analyse multicritère tandis que les quatre autres concernèrent la logique floue. L'auditoire, principalement constitué de chercheurs et de décideurs, a fourni les exemples concrets permettant de mettre en valeur l'apport de ces techniques dans les processus de décision.

## Summary

In November 1991 and February 1992, the Fondation Universitaire Luxembourgeoise (FUL) organised eight workshops about environment management. They were lead by Professor L. Duckstein (University of Nevada, USA).

The first four concerned multicriteria analysis while the other ones were dealing with fuzzy logic. The attendance, meanly gathering researchers and decision makers, provided real problems allowing the demonstration of these technics use fullness in decision processes.

## Introduction

L'analyse multicritère vise à résoudre les conflits entre tous les acteurs qui interviennent dans les processus de décision. Elle est basée sur le Postulat de l'Optimum: *dans toute situation devant entraîner une ou plusieurs actions, il existe au moins une décision optimale pour laquelle il est possible d'établir objectivement qu'il n'existe pas une décision strictement meilleure et ceci en gardant une stricte neutralité vis-à-vis du processus de décision.*

La théorie des ensembles flous permet de gérer l'incertitude intrinsèque à toute modélisation de la réalité observable. Ainsi «le vague» inhérent aux activités humaines de types: conceptualiser, répertorier, classifier, mesurer, etc... est pris en compte dans les modèles d'aide à la décision.

Finalement, ces deux approches permettent de faire progresser la connaissance des problèmes environnementaux et fournissent des solutions acceptables par toutes les parties concernées. Nous donnons ci-après une description très brève de ces techniques suivie d'une liste de références.

## L'analyse multicritère

Keywords: Fonction de valeur — Pondérations — Alternatives — ELECTRE — Indice de concordance.

Le Postulat de l'Optimum affirme qu'il existe objectivement, donc en dehors de toute pression, une meilleure décision, c'est-à-dire satisfaisante pour tous les acteurs intervenants dans le processus. L'approche multicritère exige deux grandes étapes: la première consiste à bien définir le problème, la seconde à faire l'inventaire des alternatives satisfaisant des objectifs multiples des intervenants.

## Définition du problème

Avant de se mettre à planifier, il importe d'identifier et d'harmoniser les buts du développement et les moyens financiers, techniques et humains dont on dispose. Dans des problèmes complexes et ou à grande échelle, il est vital que la définition du problème s'appuie sur les théories rigoureuses de l'ingénierie des systèmes.

## Les alternatives

Le problème étant bien défini, on peut procéder à la conception et à la comparaison d'alternatives utiles. Une analyse de type coût-efficacité donne une méthode systématique pour ces opérations. Par exemple, la méthode ELECTRE permet le classement de 25 alternatives (ordre complet). Etant donné son importance, nous en donnons le principe: l'alternative  $A_j$  surclasse l'alternative  $A_k$  si  $A_j$  est préférée à  $A_k$  sur assez de critères importants et si l'inconfort ressenti sur les critères discordants est acceptable par tous les acteurs du processus de décision.

## Les modèles flous

Keywords: Ensembles flous — Fonction d'appartenance — Distance.

Selon la théorie classique des ensembles, un élément  $x$  appartient ou n'appartient pas à l'ensemble  $A$ :  $x \in A$  ou  $x \notin A$ . Les ensembles flous permettent de nuancer cette notion d'appartenance à un ensemble en affectant l'élément  $x$  d'un nombre, compris entre 0 et 1, donnant le degré d'appartenance de  $x$  à l'ensemble flou  $A$ . La manipulation des ensembles flous est basée sur l'arithmétique des intervalles et

\* Fondation Universitaire Luxembourgeoise, Avenue de Longwy, 185 B-6700 ARLON, tél 063/21 58 11 — fax 063/22 01 47.  
Reçu le 08 03.92 et accepté pour publication le 01 06.92

conduit à des règles de contrôle précises tenant compte d'une information approximative. Pour illustrer l'intérêt offert par l'approche floue, nous allons comparer un modèle linéaire flou avec un modèle linéaire classique soit la régression linéaire au sens des moindres carrés.

Soit  $N$  couples de points  $(x_i, y_i)$  formant un nuage ayant une direction principale marquée.

Selon la théorie classique, le modèle s'écrit :

$$\hat{y}_i = a + bx_i + \xi_i$$

où  $\xi_i$  représente le résidu c'est-à-dire l'écart entre la valeur réelle  $y_i$  et la valeur donnée par le modèle  $\hat{y}_i$ . Pour que le modèle classique soit valable, 6 conditions doivent être rencontrées :

1. le nuage de points doit évidemment posséder une première composante principale marquée ;
2. le nombre d'observations  $N$  doit au moins être égale à 20, souvent on conseille 30 ;
3. les résidus  $\xi_i$  doivent avoir une distribution normale autour de zéro ;
4. la variance des résidus doit être constante ;
5. les résidus ne peuvent pas être autocorrélés ;
6. la variable dite indépendante ne peut pas être une variable aléatoire sinon il faut au moins multiplier le nombre de données par 5.

Il est clair que bon nombre d'utilisateurs transgressent l'une ou l'autre condition, ce qui explique la faiblesse de certaines explications pour ne pas parler des prévisions !

La régression floue au sens des moindres carrés, quant à elle, exige seulement le respect de la première condition !

Ainsi, au lieu de nier l'incertitude, l'approche floue l'inclut dans la modélisation pour, en fin de compte, donner un sens précis au doute.

## Conclusions

Tant l'analyse multicritère que l'utilisation des modèles flous constituent des outils ultraperformants pour tous les acteurs intervenant dans des projets de développement où il existe une réelle volonté de concilier l'économie avec la protection de l'environnement.

Pour le lecteur intéressé, les publications ci-dessous sont disponibles à la  
Fondation Universitaire Luxembourgeoise  
Avenue de Longwy, 185  
B-6700 Arlon  
tél. 063/22.03.80  
fax 063/22.01.47

## Ateliers d'aide à la gestion de l'environnement

Première partie : analyse multicritères

Direction : Professeur L. Duckstein, Université d'Arizona, USA.

### Liste de documents

1. Multiobjective decision analysis with engineering and business applications.
2. Incorporating risk and unprecision into water related decision making — an Austrian case study for instream water requirements.
3. Multicriterion analysis of groundwater contamination management.
4. Analysis of a karstic aquifer management problem by fuzzy composite programming.
5. A multiple criteria decision modelling approach to selection of estimation techniques for fitting extreme floods.
6. Multicriterion selection of wastewater management alternatives.
7. Interactive multiobjective analysis embedding the decision maker's implicit preference function.
8. Utility theory approach.
9. Applying multicriteria decision making. Techniques for planning machining operations.
10. Readings in multiple criteria decision aid.
11. Multiobjective analysis in water resources.
12. Choix d'un site de barrage-réservoir dans le bassin de la Garonne. Un cas d'étude pour une approche multicritère - Partie 1 : La présentation du problème.
13. Choix d'un site de barrage-réservoir dans le bassin de la Garonne. Un cas d'étude pour une approche multicritère - Partie 2 : Les acteurs, les alternatives, les effets...
14. Multiobjective Q-Analysis with Concordance and Discordance Concepts.
15. Polyhedral dynamics (MCPD) as a tool for machine-part group formation.
16. Multiobjective River Basin planning with Qualitative Criteria.

## Ateliers d'aide à la gestion de l'environnement.

Deuxième partie : traitement de l'incertitude — les nombres flous.

Direction : Professeur L. Duckstein, Université d'Arizona, USA.

### Liste de Documents

1. Appendix 91.
2. The future Looks «Fuzzy».
3. Fuzzy Set Membership. Prior, Probability and Value Function.
4. Designing with Fuzzy Logic.
5. Chapter 1.
6. The Fuzzy Logic Frontier in Risk Analysis.

7. Fuzzy Regression in Hydrology.
8. Linear Regression Analysis with Fuzzy Model.
9. Fuzzy Regression Analysis of the Effect of University Research on Regional Technologies.
10. Fuzzy Least Squares Regression: theory and Application.
11. Hypotheses: Fuzzy Regression.
12. Fuzzy Fatigue Life Prediction.
13. A Framework for describing the uncertainty in N-Loading.
14. Fuzzy Reliability in Hydraulics.
15. Combination of Fuzzy Numbers Representing Expert Opinions.
16. Analysis of a Karstic aquifer Management Problem by Fuzzy Composite Programming.
17. A fuzzy/stochastic multiobjective linear programming method.
18. Decision-making in a Fuzzy Environment.
19. Geostatistics Utilizing Imprecise (Fuzzy) Information.
20. Kriging with Imprecise (Fuzzy) Variograms. I: Theory.
21. Kriging with Imprecise (Fuzzy) Variograms. II: Application.
22. Application of Geological Information to Kriging.
23. Design of an FWPID Controller and its Simulation.
24. Fuzzy Control for Automatic Train Operation System.
25. Combining Fuzzy Numbers Using Non-Arbitrary Weights.
26. Applications of Fuzzy Numbers to Group Decision Making.
27. Fuzzy Delphi Method in Technological Forecasting and Decision Making.

J.J. Boreux. Licencié en Sciences physiques. Doctorant à la Fondation Universitaire Luxembourgeoise.

## Remerciements

Depuis 1983, une série de lecteurs anonymes ont été sollicités par le Secrétariat de Tropicultura pour examiner d'un œil critique les documents proposés comme articles originaux.

A raison de deux lecteurs, voire trois, par article reçu, cela correspond à une masse importante de temps consacré par tous ces bénévoles à entretenir la qualité de notre publication. La préservation de leur anonymat nous empêche de les remercier individuellement ici, mais tous doivent être certains que leur travail sérieux, rapide et efficace a été apprécié à sa juste valeur. Merci à tous!

C'est l'occasion de faire appel à d'autres qui, chacun dans sa spécialité, permettraient de mieux répartir ce travail pour améliorer encore la qualité. Le Secrétariat recevra avec grand plaisir toute offre dans ce sens.

## Dankwoord

Sinds 1983, werd een hele reeks anonieme lezers door het Secretariaat van Tropicultura aangezocht om met kritische blik de documenten door te nemen die als oorspronkelijke artikels werden aangeboden.

Tegen een gemiddelde van twee of drie lezers per ingezonden artikel komt men tot een indrukwekkende tijd die deze welwillende medewerkers aan het op peil houden van ons tijdschrift hebben besteed. Vermits zij liefst anoniem blijven kunnen wij hen hier niet persoonlijk danken, maar wij wensen hen toch te zeggen dat hun degelijk, snel en doeltreffend optreden ten zeerste gewaardeerd werd, daarom dus, dank U allen!

Dit is meteen de gelegenheid om op anderen een beroep te doen die, ieder in zijn specialiteit, kunnen bijdragen tot de taakverdeling om nog betere kwaliteit te kunnen aanbieden. Het Secretariaat zal elk aanbod in die zin in dank aanvaarden.

## Acknowledgements

Since 1983, quite a lot of anonymous referees have gently assisted the Tropicultura's secretariat by critical analysis of papers submitted for publication.

Two referees, and sometimes three per paper received means a huge total of hours freely spent to keep the level of our review appropriate. It is impossible to list them here due to the anonymous character of the function, but all of them deserve our congratulations for the quick, efficient and high standard work done which has been fully appreciated. Many thanks to all of you!

It is a good opportunity also to call for new referees to still improve the quality of our journal through an enlarged referees team.

The Secretariat will be very pleased to receive any proposition in that sense.

Prof. Dr. Ir. J. Hardouin